

Refuerzo del dique de abrigo del Puerto de Cala Rajada (Mallorca)

Escartín-García, F. Javier^a; Solera-Armengol, Sergi^b; Rosselló-Estelrich, Rafael^c; Tomás, Antonio^d; Jaime-Fernández, Francisco^d; López-Lara, Javier^d

^aMarciglob Consultancy Solutions, S.L - Travessera de Gràcia 17, 2º-2ª, 08021 Barcelona - gerencia@marciglob.com; ^bE3 Solinteg, S.L. - c/ S. Antoni Maria Claret 24, 4º B, 08037 Barcelona - ssolera@e-3.cat; ^cPorts de les Illes Balears - c/ Vicente Tofiño, 36, 07007 Palma - rrossello@portsib.es; ^dIHCantabria; c/ Isabel Torres, 15, 39011 Santander - antonio.tomas@unican.es francisco.jaime@unican.es; jav.lopez@unican.es

1. Introducción. Estado actual del dique y problemática asociada

El dique de abrigo del Puerto de Cala Rajada (al NE de la isla de Mallorca, cerca de la punta de Capdepera) fue construido entre las décadas de los 30 y los 70 y presenta tres alineaciones principales, la tercera de las cuales discurre por una profundidad entorno a la -8 m y es de tipología vertical (ver Figura 1).

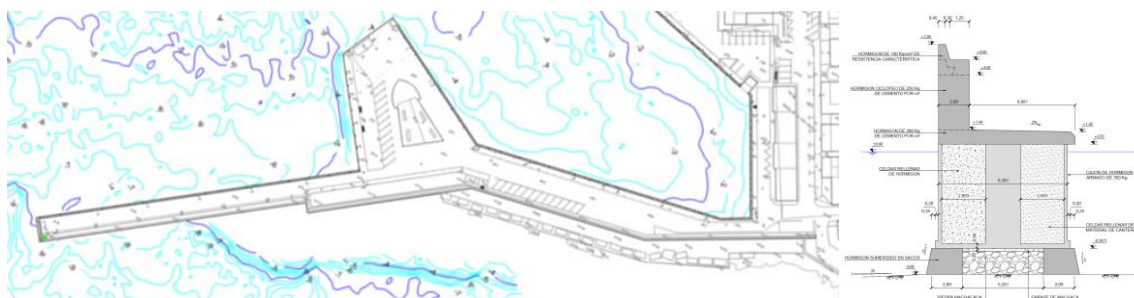


Fig. 1. Planta del dique y sección tipo de la tercera alineación

Esta tercera alineación presenta una serie de graves problemas entre los que figura unos rebases excesivos (ver Figura 2), insuficiente estabilidad frente al oleaje (los coeficientes de seguridad al deslizamiento y vuelco para el oleaje de diseño son inferiores a 1,0) y fisuras y grietas que afectan al espaldón y a la losa que corona los cajones (ver Figura 2).

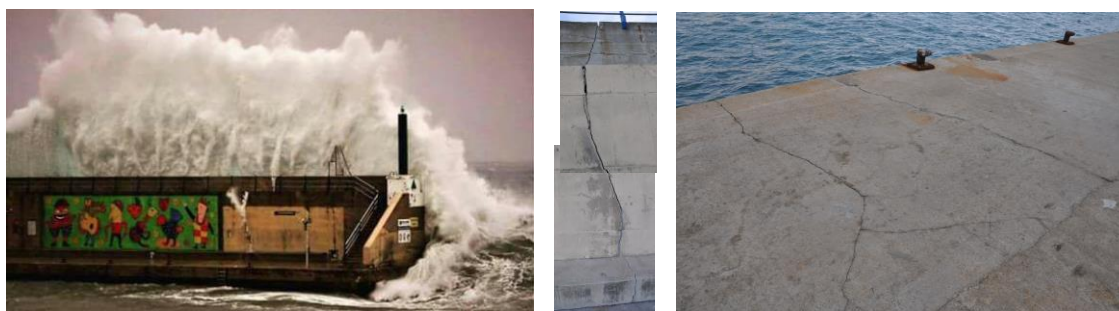


Fig. 2. Ejemplos de problemas de rebase del dique (izquierda) y estructurales (centro y derecha)

Además el grado de abrigo en el interior (especialmente en el antepuerto) es insuficiente lo que imposibilita el empleo de los muelles exteriores en época hivernal. Asimismo en la explanada adosada al dique existen una serie de conflictos debidos a los usos múltiples en esa zona (pesquero, pequeños cruceros, buques en tránsito, gasolinera, cantina...).

2. Objeto del proyecto

Por todo ello Ports de les Illes Balears, que gestiona la instalación, adjudicó a la UTE E3 Solinteg – Marciglob Consultancy Solutions la redacción del “Proyecto para el refuerzo del dique de Cala Rajada y reordenación de usos” y la posterior asistencia a la Dirección de las Obras. A nivel de diseño se debían analizar diferentes alternativas y desarrollar la óptima para las siguientes actuaciones:

1. Mejora estructural y operacional (refuerzo del dique).
2. Reducción de los niveles de agitación interior.
3. Reordenación de los usos portuarios.

La ponencia se centra en la primera de ellas. Baste decir que la segunda se solucionó mediante la construcción de un martillo y la tercera fundamentalmente mediante la reforma y en su caso demolición y reconstrucción de los edificios.

En primer lugar se efectuó una campaña de trabajos de campo que incluyó topografía, batimetría, geofísica (SBL), bionomía, caracterización de agua y sedimento y reconocimiento estructural del dique (partes emergida y sumergida). Asimismo se efectuó un detallado estudio de clima marítimo, propagando toda la base de datos hasta las proximidades del dique y obteniendo las funciones de distribución medias y extremas locales de H_s y las correlaciones H_s-T_p .

A partir de todos esos datos se propusieron y analizaron diferentes alternativas de refuerzo del dique:

- **Solución integral.** Consistía en la transformación del dique vertical en mixto o compuesto horizontalmente (con un talud delantero de bloques de hormigón de 30 t) con una cota de coronación del espaldón de +7,5 m IGN. Se verificó que los rebases y los FS del dique vertical pasaban a tener valores aceptables. Asimismo se analizaron diferentes opciones de refuerzo del espaldón, optando finalmente por su demolición y reconstrucción.
- **Solución segregada.** Para la reducción de los rebases se propuso el incremento de la cota del espaldón a la cota +9,0 m IGN (también se analizó la +8,0) y para incrementar la estabilidad del dique se propusieron dos opciones: incremento de la anchura del dique por la parte posterior y construcción de pilotes que anclasen el dique al terreno, de naturaleza rocosa. También se analizaron las mismas opciones de refuerzo del espaldón y losa.

Ambas soluciones fueron ensayadas en el Canal de Oleaje de IHCantabria, situado situado en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de la Universidad de Cantabria, y que tiene una longitud de 68,5 m de longitud y una anchura de 2 m. La escala geométrica empleada fue 1:30,6. Unas fotografías de los ensayos se muestran en la Figura 3.

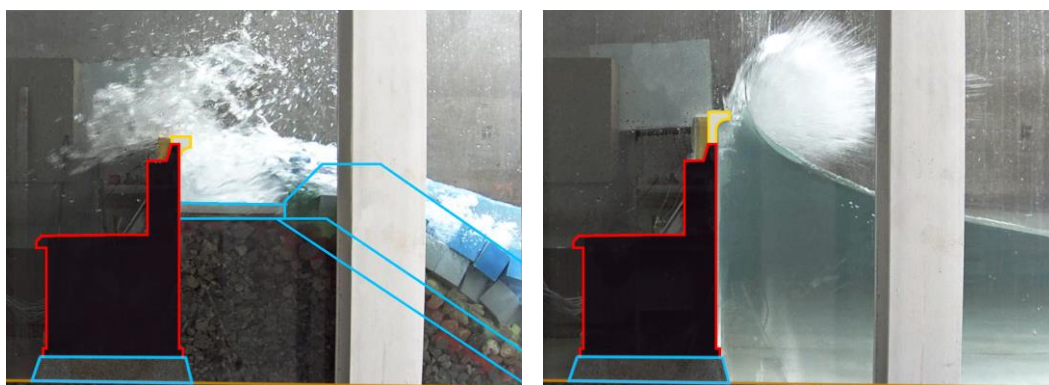


Fig. 3. Fotografías de los ensayos 2D: solución integral (izquierda) y solución segregada (derecha). $H_s=5.92m$, $T_p=11.5s$, $NM=+0.5m$ (IGN)

Los resultados de los ensayos validaron los cálculos analíticos realizados (tal como se detallará en la presentación), si bien los rebases obtenidos fueron bastante inferiores a los calculados mediante la fórmula del EuroTop (tal como también se detallará). Asimismo pudo comprobarse el elevado grado de efectividad del botaoles, especialmente en el caso del dique vertical (tal como se explicará).

Tras un análisis multivariante (técnico, ambiental y económico) se seleccionó la denominada “solución integral”, que ha sido desarrollada a nivel constructivo (ver Figura 4). Cabe comentar que los resultados de los ensayos permitieron finalmente mantener la cota de coronación actual (+7,0 m IGN) lo cual fue de especial importancia ya que se eliminaba el impacto visual que provocaban las otras soluciones.

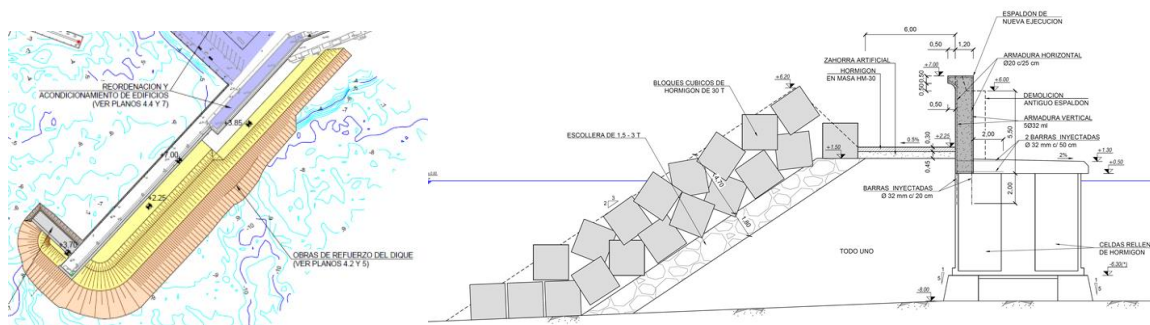


Fig. 4. Planta y sección tipo del refuerzo del dique finalmente proyectado